



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **08313460 A**(43) Date of publication of application: **29.11.96**

(51) Int. Cl.

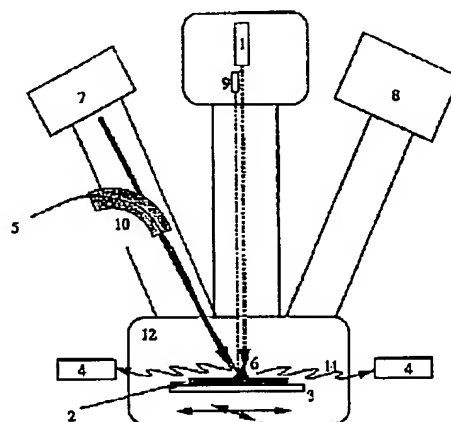
G01N 23/223
G01N 23/225
(21) Application number: **07145341**(22) Date of filing: **19.05.95**(71) Applicant: **NIPPON STEEL CORP**(72) Inventor: **HAYASHI SHUNICHI**
TANAKA YUKIMOTO(54) **METHOD AND EQUIPMENT FOR INSPECTING SEMICONDUCTOR**

COPYRIGHT: (C)1996,JPO

(57) Abstract:

PURPOSE: To obtain a method and equipment for analysis which enable specification of a source of generation of a particle (impurity particle) being present under the surface or a thin film of a semiconductor substrate by determining the composition and structure of the particle.

CONSTITUTION: A particle 6 on a semiconductor sample 2 is found out by using an X-Y stage 3 whereon the semiconductor sample 2 is set, a continuous visible light laser beam 1 provided in the direction perpendicular to the semiconductor sample 2 and a detector 4 for detecting a laser scattered light, and the composition and structure of the particle are determined by using a focused ion beam 7, a high-luminance ultraviolet laser beam 9 and an electron beam 5 of which the optical axes are so regulated as to have the same origin as the continuous visible light laser beam 1 on the surface of the semiconductor sample 2 and an analyzer 8 having a time-of-flight mass spectrometer and a fluorescent X-ray analyzer.



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平8-313460

(43)公開日 平成8年(1996)11月29日

(51)Int.Cl.⁶

G 0 1 N 23/223

23/225

識別記号

庁内整理番号

F I

G 0 1 N 23/223

23/225

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数6 F D (全 5 頁)

(21)出願番号 特願平7-145341

(22)出願日 平成7年(1995)5月19日

(71)出願人 000006655

新日本製鐵株式会社

東京都千代田区大手町2丁目6番3号

(72)発明者 林 俊一

川崎市中原区井田1618番地 新日本製鐵株
式会社先端技術研究所内

(72)発明者 田中 幸基

川崎市中原区井田1618番地 新日本製鐵株
式会社先端技術研究所内

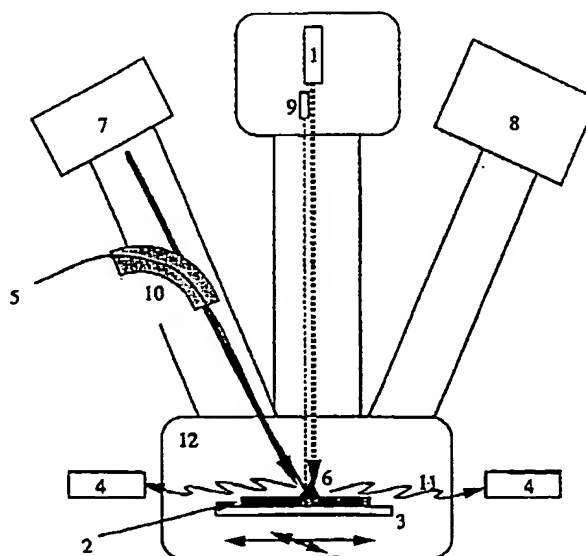
(74)代理人 弁理士 半田 昌男

(54)【発明の名称】 半導体検査方法および半導体検査装置

(57)【要約】

【目的】 本発明は、半導体基板の表面又は薄膜下に存在するパーティクルの組成および構造を決定することによりパーティクルの発生源を特定できる分析方法および装置を提供する。

【構成】 半導体試料2が設置されるX-Yステージ3と、半導体試料2の鉛直方向に設置された連続可視光レーザービーム1と、レーザー散乱光を検出するための検出器4とを用いて半導体試料2上のパーティクルを見つけだし、半導体試料2表面上で連続可視光レーザービーム1と同一の原点を持つように光軸が調整された集束イオンビーム7、高輝度紫外線レーザービーム9及び電子ビーム5と、飛行時間型質量分析計及び蛍光X線分析器を有する分析器8とを用いてパーティクルの組成および構造を決定する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 X-Yステージ上に設置した半導体試料に、前記半導体試料の鉛直方向から連続可視光ビームを照射し、前記X-Yステージを駆動させながらレーザ散乱光を検出することによりパーティクル位置を判断し、前記パーティクルの組成を電子ビームを前記パーティクルに照射して励起される蛍光X線を検出することにより分析することを特徴とする半導体検査方法。

【請求項2】 X-Yステージ上に設置した半導体試料に、前記半導体試料の鉛直方向から連続可視光ビームを照射し、前記X-Yステージを駆動させながらレーザ散乱光を検出することによりパーティクル位置を判断し、高輝度紫外線パルスレーザで前記半導体試料表面上の前記パーティクルを蒸発させ、発生した試料由来のイオンを飛行時間型質量分析計により検出することで分子情報を得ることを特徴とする半導体検査方法。

【請求項3】 X-Yステージ上に設置した半導体試料に、前記半導体試料の鉛直方向から連続可視光ビームを照射し、前記X-Yステージを駆動させながらレーザ散乱光を検出することによりパーティクル位置を判断し、集束イオンビームをパルス化して前記パーティクルに照射し、前記パーティクル表面からパルス状に発生した二次イオンを飛行時間型質量分析計により検出することで前記半導体試料表面上に存在する前記パーティクルの表面のみの元素組成および構造情報を得ることを特徴とする半導体検査方法。

【請求項4】 集束イオンビームを前記パーティクルに照射して切断し、切断面を分析することを特徴とする請求項1、2または3記載の半導体検査方法。

【請求項5】 前記パーティクル上に堆積された薄膜を集束イオンビームを用いて除去し、前記パーティクルを露出させて前記パーティクルを分析することを特徴とする請求項1、2、3または4記載の半導体検査方法。

【請求項6】 半導体試料が設置されるX-Yステージと、前記半導体試料の水平方向に設置された2個以上の検出器と、前記半導体試料の鉛直方向に設置された連続可視光レーザビームと、前記半導体試料表面上で連続可視光レーザビームと同一の原点をもつように光軸が調整された集束イオンビーム、高輝度可視光レーザビーム及び電子ビームと、飛行時間型質量分析計と、蛍光X線分析器と、を装備したことを特徴とする半導体検査装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、半導体装置の故障解析および半導体基板上の不純物粒子（パーティクル）等の評価方法および装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 近年の半導体デバイスの高集積化に伴い、デバイス構造は三次元的に微細化、複雑化してきている。そのため、故障箇所の詳細な観察や組成分析が製

造プロセスの抜本的な改善のために非常に重要な要素技術としてクローズアップされてきている。デバイスの動作不良の発生の大きな一つの要因に製造プロセスや輸送の際のパーティクルの発生が挙げられる。

【0003】 これまでのパーティクル評価法は、可視光レーザとX-Yステージとを組み合わせたパーティクル位置決め装置を用いて行うパーティクルの位置決めと、走査型電子顕微鏡および電子線励起蛍光X線分析装置（SEM-EDX）を用いて行うパーティクル組成の決定と、からなっていた。この方法によりどのプロセスからパーティクルが発生したかの情報が得られるようになった。

【0004】 パーティクル内部の情報を抽出する方法としては、集束イオンビーム（FIB）を用いた微小パーティクル切断および断面観察について、いくつかの研究例が報告されている（たとえば Tomiyasu et.al.in SIMS IX p565-568(1994)）。また、パーティクルを構成するものの一つとしてホトレジスト等の有機物があげられるが、試料表面にレーザを照射して試料を蒸発させ、そこで発生したフラグメントイオンを検出する Laser Ionization Mass Spectrometry(LIMS) の有効性が指摘されている。（たとえば L.Van Vaeck et. al., Anal. Chem. 57(1985)2944参照。）このような技術はパーティクルの組成および構造を決定するのに有効な要素技術となる。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、従来のパーティクル評価法ではパーティクルを位置決めした後装置から取り出し、別のSEM-EDX装置の真空室に入れる際にパーティクルが発生してしまうこと、有機物系のパーティクルに対しては炭素などの元素に関する情報だけでは汚染源は特定できず、構成成分に関する情報を得られる技術が必要であった。

【0006】 パーティクルは、成膜、イオン注入、洗浄などの単一のプロセスを数100段通して作成される半導体デバイスにとってそのどこからでも入り込んでくる非常にやっかいなものである。しかも、上記の理由からその組成や構造はまちまちである。そこで、本発明は単一真空装置内に半導体基板あるいは実装した基板を導入し、室内にてパーティクル位置を特定し、かつ即座にその組成および構造を解析する半導体検査装置を提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段および作用】 本発明は半導体試料の表面上あるいは内部に存在するパーティクルを、前記半導体試料に可視光レーザを照射しながら前記半導体試料を固定したX-Yステージを駆動させて散乱光を検出することにより位置決定し、パーティクルを速やかに走査二次電子（SEM）像で確認し、元素分析した後、FIBおよび高輝度パルス紫外線レーザを用いて

組成および構造を決定可能な分析方法および装置を提供する。

【0008】以下、本発明を詳細に説明する。半導体試料表面にアルゴンレーザあるいはHe-Neレーザのような可視光レーザを照射しながら、半導体試料を取り付けたX-Yステージを走査し、半導体試料の水平方向に設置した検出器に散乱光が到達した場合にパーティクルと判断する。この時点で電子ビームを用いてパーティクル付近の走査電子像を観察してパーティクルであるかどうかを判断し、パーティクルをSEM-EDXで分析し、組成を決定する。

【0009】パーティクルが誘電体やチャージアップしやすい有機物（フォトレジストなど）の場合は、パルス化した高輝度紫外線レーザ（Q-switch Nd:YAGレーザの4倍波：266nm）をパーティクルに照射し、パーティクルの一部又は全部を蒸発させ、パーティクルの構造に由来するフラグメントイオンを飛行時間型質量分析計により検出する。検出されたフラグメントイオンからパーティクルを構成する有機物を特定できる。この方法をパーティクルに適用することにより、誘電体や有機物系のパーティクルの組成を推測することが可能となる。

【0010】パーティクルの表層のみの情報を得たい場合、連続イオンビームを用いると試料の消費が激しく半導体試料表面のみの情報が得にくい。電子ビームと半導体試料表面上で同一の原点を持つように光軸を調整したFIBをパルス化してパーティクルに照射し、パルス化した二次イオン信号を飛行時間型質量分析計により検出することで半導体試料表面のスパッタリングを最小限に抑え、パーティクル表面の情報のみを検出することができる。ここで、原点とは連続可視光レーザが半導体試料表面上に投影された中心点を呼ぶ。

【0011】また、パーティクルが皮膜に覆われている場合、連続ビームでパーティクルを切断し断面部を同様に分析することでパーティクル発生要因を明らかにすることができる。

【0012】実装された半導体基板上のパーティクルを検出するのは、シリコンウエハ表面上を分析する場合と比較して、はるかに困難さを伴う。デバイスパターンは微細に加工されているため、既に μm 程度の凹凸を含んでいるため可視光レーザによる散乱光はパターンエッジにおいても発生する。このため、半導体試料表面に入射したレーザ光が散乱される現象のみでは、それが試料形状起因か又はパーティクル起因であるかは判断しにくい。そこで、半導体試料を設置したX-Yステージの水平方向に真空窓を通して2個以上の検出器を設置し、不規則な形状をもつパーティクルにレーザ光が照射されて発生する散乱光が三次元的に放出される特徴を利用して、これ等の検出器でレーザ散乱光が同時に検出された場合にパーティクルとして認識する。これは、デバイス

のパターンの場合、平面方向に対して μm 程度ではフラットであることから、パターンからの散乱光が試料の水平方向に設置された複数の検出器に同時に入射する確率は非常に低い。従って、不定形であるパーティクルにレーザ光が衝突した際は入射光が全方向に散乱される特徴を利用して、パーティクルを見分けることが出来る。その後、SEMによりパーティクルかどうかを確認すれば更により。

【0013】図1を参照して、本発明の装置の構成を説明する。半導体試料2が設置されるX-Yステージ3と、半導体試料2の水平方向に設置されたレーザ散乱光11を検出するための2個以上の検出器4と、半導体試料2の鉛直方向に設置された連続可視光レーザビーム1と、半導体試料2表面上で連続可視光レーザビーム1と同一の原点をもつように光軸が調整された集束イオンビーム7、高輝度可視光レーザビーム9及び偏向磁場10により光軸が調整された電子ビーム5と、飛行時間型質量分析計及び蛍光X線分析器を有する分析器8と、を装備している。同一の原点とは、連続可視光レーザビーム1が半導体試料2の表面上に投影された中心点のことを言う。

【0014】実装されたデバイスは微細加工が施されているのみならず、薄い多層膜を積層した構造となっている。薄膜の剥がれなどが原因で発生したパーティクルが薄膜下に取り残され故障原因となることもある。薄膜下のパーティクルにより盛り上がった部位を可視光レーザの散乱により検出し、SEM像の観察から埋もれたパーティクルの存在の有無を確認し、FIBにより表層薄膜を切断し、パーティクルを表層に露出することができる。露出したパーティクルを分析するのは上記と同様である。

【0015】

【実施例】図1の装置を用いて、6インチサイズの実装されたシリコンウエハ基板上のパーティクルを分析した例を示す。散乱光が検出された位置において、約 $1\mu\text{m}$ 径のパーティクルをSEM観察した後、EDX分析を行った。測定は加速電圧15kVで2nAの条件で行った。得られたEDX分析の結果を図2に示す。スペクトルの解析から、パーティクルがTiを含んでいることがわかった。Siのピークは基板からのものであるか試料内の情報かは判断できない。このパーティクルの表層をFIBを用いたTOF-SIMS分析した結果を図3に、その後10秒間パーティクル近傍 $20\mu\text{m}$ 平方をイオンビームを連続にしてスパッタエッチングした後、TOF-SIMS分析した結果を図4に示す。TOF-SIMS測定条件は、一次イオンに30kVのGa⁺イオンビームを用い、一次イオン電流は5nAとした。イオンビームパルス幅は5nsecで、10kHzの繰り返しで60000パルス積算した。また、図3から表層はほぼTiO₂になっていることがわかった。また、

表層をスパッタエッチングしたパーティクルはマスペクトルの結果からほぼTiNで構成されていることがわかった。以上のことより、このパーティクルがバリアメタル等でもちいられるTiN膜に由来していることと後段のプロセスのなかでパーティクル表面が酸化されたことなどの情報が抽出できた。

【0016】

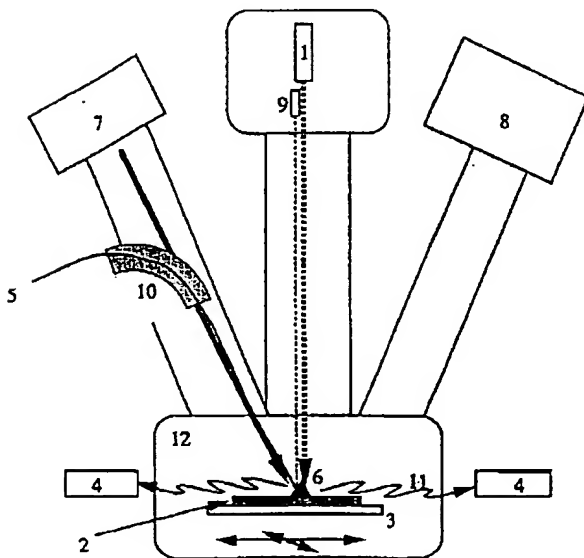
【発明の効果】本発明により、これまで困難であった半導体基板の表面あるいは基板内のパーティクルの位置検出とその組成および構造の解析を単一装置で実効可能とした。これにより、パーティクル発生のプロセスの特定を迅速に決定可能となり、半導体デバイスの歩留まり安定に寄与することが期待できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明を構成する半導体検査装置の概要図である。

【図2】検出されたパーティクルのSEM-EDXスペクトルである。

【図1】



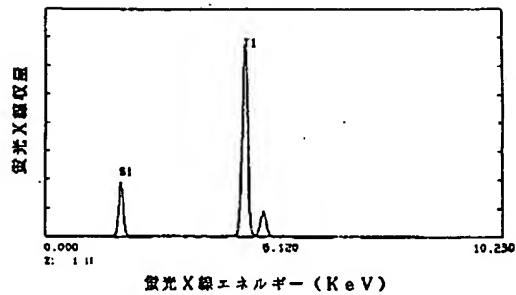
【図3】パーティクルの表層のTOF-SIMSスペクトルである。

【図4】スパッタエッチング後のパーティクルのTOF-SIMSスペクトルである。

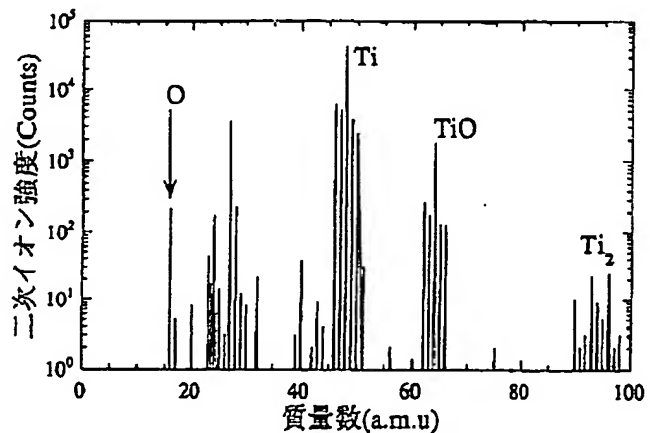
【符号の説明】

- 1 パーティクル検出用可視光レーザー
- 2 試料
- 3 X-Yステージ
- 4 検出器
- 5 電子線
- 6 パーティクル
- 7 集束イオンビーム
- 8 分析器
- 9 構造解析用高輝度レーザー
- 10 偏向磁場
- 11 レーザ散乱光
- 12 試料室

【図2】



【図3】



【図4】

